

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI 	Prof. Ing. MARCO PETRANGELI	Ing. PIETRO MAZZOLI Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI-BARI

### RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO

### 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

VIADOTTO dal km 14+785 al km 14+921

Viadotto San Giorgio

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni

APPALTATORE	SCALA:
Consorzio CFT IL DIRETTORE TECNICO Geom. C. Bianchi 13/09/2018	-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	F	1	N	0	1	E	Z	Z	C	L	V	I	0	8	0	3	0	0	3	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	A. Tagliaferri	11/07/2018	G. Usai	11/07/2018	P. Mazzoli	11/07/2018	M. Petrangeli
B	Rev. Istruttoria ITF 29/08/18	A. Tagliaferri	13/09/2018	G. Usai	13/09/2018	P. Mazzoli	13/09/2018	
								13/09/2018

File: IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.08.0.3.003.B.doc

n. Elab.:

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>2 di 38</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	2 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	2 di 38								

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
3.1	CALCESTRUZZO PER I PALI DI FONDAZIONE.....	5
3.2	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA.....	6
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SCHEMA DI CALCOLO.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>CARICHI AGENTI IN TESTA AI PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>12</b>
7.1	VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO .....	12
7.2	CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA .....	14
7.3	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO .....	16
7.4	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO.....	18
<b>8</b>	<b>APPENDICE.....</b>	<b>19</b>
8.1	CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO.....	19
8.2	CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA .....	24
8.3	CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO .....	29
8.4	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO.....	34

   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>3 di 38</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	3 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	3 di 38								

## 1 PREMESSA

Nell'ambito dell'itinerario Napoli-Bari si inserisce il *Raddoppio della Tratta Canello-Benevento – 1° Lotto Funzionale Canello-Frasso Telesino e Variante alla Linea Roma-Napoli Via Cassino di Maddaloni* (compreso il *Collegamento Merci con lo scalo di Marcianise – Collegamento Benevento-Marcianise*) ed *Interconnessione Nord su LS Roma-Napoli via Cassino*, oggetto di progettazione esecutiva.

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento geotecnico delle fondazioni profonde del Viadotto San Giorgio – VI08.

Per lo schema geotecnico di riferimento, in base al quale sono stati effettuati i calcoli di dimensionamento, si rimanda a:

- Relazione Geotecnica Generale di linea delle opere all'aperto (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001) – Doc Rif. [16].

Per i criteri di calcolo geotecnico utilizzati nell'analisi, si rimanda a:

- Relazione tecnico-descrittiva - Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001) – Doc Rif. [17].

Per ciò che riguarda i carichi trasmessi dalla sovrastruttura e agenti in testa ai singoli pali di fondazione, si rimanda a:

- Pila P01-P02: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.08.0.5.001) – Doc Rif. [18];
- Pila P03: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.08.0.5.002) – Doc Rif. [19];
- Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.08.0.4.001) – Doc. Rif. [20].

   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>4 di 38</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	4 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	4 di 38								

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano i riferimenti delle normative prese in considerazione per lo sviluppo delle analisi e delle verifiche in oggetto:

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [3] DM 06.05.2008 – Integrazione al D.M. 14.01.2008 di approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.
- [4] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 21.12.2011- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- [4] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21.12.2011 Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- [4] RFI DTC INC CS LG IFS 001 A del 21.12.2011 Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra;
- [4] RFI DTC INC PO SP IFS 002 A del 21.12.2011 Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali;
- [4] 1299/2014/UE Specifiche tecniche d'interoperabilità per il sottosistema “Infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea (18/11/2014);
- [4] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- [4] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- [4] Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche – Associazione Geotecnica Italiana – Giugno 1977;
- [4] Raccomandazione AGI relative ai pali di fondazione – Associazione Geotecnica Italiana – Dicembre 1984;
- [4] Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio – Associazione Geotecnica Italiana – Giugno 1994;
- [4] Paolucci R., Pecker A. (1997), “Seismic bearing capacity of shallow strip foundation on dry soils”. Soils and Foundation, Vol. 37, N°3, pp.95-105;
- [4] Brinch Hansen J. (1970) "A revised and extended formula for bearing capacity" Bulletin n°28, Danish Geotechnical Institute, Copenhagen;
- [16] Relazione Geotecnica Generale di linea delle opere all'aperto (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001);
- [17] Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001);
- [18] Pila P01-P02: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.08.0.5.001);
- [19] Pila P03: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.08.0.5.002);
- [20] Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.08.0.4.001).

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>5 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	5 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	5 di 38								

### 3 MATERIALI

#### 3.1 CALCESTRUZZO PER I PALI DI FONDAZIONE

<b>Calcestruzzo</b>			
Classe	C25/30	▼	
$R_{ck} =$	30	Mpa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	24.9	Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.9	Mpa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85	-	Coeff. Rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.5	-	Coeff. parziale di sicurezza allo SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_M =$	14.11	Mpa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.56	Mpa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	3.07	Mpa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.79	Mpa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} =$	13.70	Mpa	Tensione max in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} =$	9.96	Mpa	Tensione max in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} =$	31447	Mpa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.2	-	Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1+\nu)) =$	13103	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie	▼	
Classe di esposizione =	XC2	▼	
$c =$	6.00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0.30	mm	Apertura massima fessure in esercizio comb. frequente (rif. §1.8.3.2.4 [3])

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>6 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	6 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	6 di 38								

### 3.2 ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA

<b>Acciaio</b>			
B450C			
$f_{yk} \geq$	450	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	Mpa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1.15	-	
$(f_t/f_y)_k <$	1.35	-	
$\gamma_s =$	1.15	-	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391.3	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000	Mpa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0.20%		Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k =$	7.50%		Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} =$	337.5	Mpa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">VI0803 003</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">7 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	7 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	7 di 38								

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SCHEMA DI CALCOLO

Lo schema geotecnico di riferimento per l'opera in oggetto è sintetizzato nella tabella che segue e fa riferimento alla *Relazione Geotecnica Generale di linea delle opere all'aperto* (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001) – Doc. Rlf. [16].

Di seguito si riassumono le caratteristiche geotecniche e gli schemi stratigrafici delle formazioni presenti nel sottosuolo.

Parametri	Strato 1	Strato 1-a	Strato 2	Strato 3	Strato 4	Strato 4	Strato 5
	CCU/TGCsl	al-s	TGCI	TGCs	MDLc+b	Qsa	ARC
$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	16	17	13	15.0 ÷ 16.0	17.0 ÷ 18.0	19.0 – 20.0	22.0 – 24.0
GSI (-)	-	-	35	-	-	-	35
$\sigma_c$ (MPa)	-	-	2	-	-	-	10
$\phi'$ (°)	25÷26	25÷26	35	32÷33°	28	28÷32°	40
$c'$ (kPa)	0	0	20	0	10	10÷20	50
$c_u$ (kPa)	-	-	-	-	150	200	-
$E_{op}$ (MPa)	15÷20	15÷20	200	30÷50	40-80	50÷200	500
$k$ (m/s)	$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-7}$

		Profondità	
		da (m da p.c.)	a (m da p.c.)
<b>Spalla 1</b>	TGC(L)	p.c.	+35
	TGC(S)	+35	+27
	MDLc+b	+27	+10
	Qsa	+10	+4
	ARC	+4	

		Profondità	
		da (m da p.c.)	a (m da p.c.)
<b>Pila 1</b>	al-s	p.c.	+36
	TGC(S)	+36	+27
	MDLc+b	+27	+10
	Qsa	+10	+2
	ARC	+2	

   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>8 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	8 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	8 di 38								

		Profondità	
		da (m da p.c.)	a (m da p.c.)
<b>Pila 2</b>	al-s	p.c.	+30
	TGC(S)	+30	+27
	MDLc+b	+27	+10
	Qsa	+10	+2
	ARC	+2	

		Profondità	
		da (m da p.c.)	a (m da p.c.)
<b>Pila 3</b>	al-s	p.c.	+32
	TGC(S)	+32	+27
	MDLc+b	+27	+10
	Qsa	+10	+1
	ARC	+1	

		Profondità	
		da (m da p.c.)	a (m da p.c.)
<b>Spalla 2</b>	TGC(S)	p.c.	+27
	MDLc+b	+27	+10
	Qsa	+10	-6
	ARC	-6	

Si assume una quota della falda pari a +44.0 m s.l.m..

Classe di suolo: C.

Alla luce della complessità del suddetto modello di sottosuolo il coefficiente  $\zeta$  viene assunto pari a 1.7 per le spalle e pari a 1.65 nel fondovalle, in quanti due soli sondaggi hanno attraversato l'intera successione stratigrafica fino alla punta dei pali.

Inoltre, per garantire un corretto funzionamento della resistenza offerta alla punta per i pali che raggiungono il substrato, in fase esecutiva si dovrà verificare l'effettivo incastro dei pali stessi di almeno due diametri nella roccia (ARC), in accordo alle ipotesi di calcolo mostrate nei capitoli successivi.

   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>9 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	9 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	9 di 38								

## 5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Le fondazioni profonde sono costituite da pali trivellati di grande diametro.

Nella tabella che segue si sintetizzano le dimensioni geometriche del plinto e dei pali di fondazione per i vari appoggi presenti.

VI08 - SAN GIORGIO						
Appoggio	Fondazione			n° pali	Φpali	L <sub>pali</sub>
	B	L	H			
	(m)	(m)	(m)			
Spalla S1	12	16.5	2.5	12	1500	42
Pila 1	12	16.5	2.5	12	1500	38
Pila 2	12	16.5	2.5	12	1500	38
Pila 3	12	16.5	2.5	12	1500	44
Spalla S2	12	16.5	2.5	12	1500	42

   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>10 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	10 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	10 di 38								

## 6 CARICHI AGENTI IN TESTA AI PALI DI FONDAZIONE

I valori delle sollecitazioni di progetto agenti in testa ai pali ed utilizzati nelle verifiche fanno riferimento a quanto riportato nella:

- Pila P01-P02: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.08.0.5.001) – Doc Rif. [18];
- Pila P03: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.08.0.5.002) – Doc Rif. [19];
- Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.08.0.4.001) – Doc. Rif. [20].

Sulla base di quanto affermato nel Doc Rif. [17], il calcolo delle sollecitazioni agenti in testa ai pali è stata effettuato ipotizzando una ripartizione rigida delle stesse attraverso l'espressione:

$$Q_{ti} = \frac{Q}{n} \pm \left[ M_x \cdot \frac{y_i}{\sum_1^n y_i^2} \right] \pm \left[ M_y \cdot \frac{x_i}{\sum_1^n x_i^2} \right]$$

essendo:

Q = forza verticale esterna

$M_x$  = momento esterno attorno all'asse x, accoppiato con  $H_y$

$H_y$  = forza orizzontale esterna nella direzione y, accoppiata con  $M_x$

$M_y$  = momento esterno attorno all'asse y, accoppiato con  $H_x$

$H_x$  = forza orizzontale esterna nella direzione x, accoppiata con  $M_y$

$Q_{ti}$  = forza vettoriale agente alla testa del palo i-esimo

$y_i$  = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione y

$x_i$  = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione x

Per la ripartizione dei carichi orizzontali, si considera un incremento del taglio agente dovuto all' "effetto gruppo" della palificata, e dunque all'interazione reciproca tra i pali. Per eventuali dettagli sulla quantificazione di tale effetto, si rimanda al Doc. Rif. [17].

\*\*\*\*\*

Nella tabella che segue si riassumono i valori delle sollecitazioni utilizzate nella analisi.

	$L_{pali}$ (m)	$N_{GEO\_max}$ (kN)	$N_{GEO\_min}$ (kN)	$N_{SLV\_max}$ (kN)	$N_{SLV\_min}$ (kN)	$T_{SLU/SLV\_max}$ (kN)
SPALLA S1	42.0	4733	3576	6352	777	2475
PILA 1	38.0	7493	207	9969	-3499	1316
PILA 2	38.0	7493	207	9969	-3499	1316
PILA 3	44.0	6025	759	7326	-1629	1272
SPALLA S2	42.0	4733	3576	6352	777	2475

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>11 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	11 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	11 di 38								

con:

$N_{GEO\_max}$  = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. statica A2+M1+R2 (GEO);

$N_{GEO\_min}$  = sforzo assiale min agente in testa al palo per la comb. statica A2+M1+R2 (GEO);

$N_{SLV\_max}$  = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. sismica EQK+M1+R3 (GEO);

$N_{SLV\_min}$  = sforzo assiale min agente in testa al palo per la comb. sismica EQK+M1+R3 (GEO);

$T_{SLU/SLV\_max}$  = taglio massimo agente in testa al palo (massimo valore tra la comb. statica e sismica allo SLU/SLV).

	$L_{pali}$ (m)	$N_{SLE-qp\_max}$ (kN)	$N_{SLE-rara\_max}$ (kN)	$N_{SLE-rara\_min}$ (kN)	$T_{SLE\_max}$ (kN)
SPALLA S1	42.0	3935	4374	3929	803
PILA 1	38.0	4117	6286	649	296
PILA 2	38.0	4117	6286	649	296
PILA 3	44.0	3375	5117	1064	296
SPALLA S2	42.0	3935	4374	3929	803

con:

$N_{SLE-qp\_max}$  = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. statica SLE quasi perm.;

$N_{SLE-freq\_max}$  = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. statica SLE frequente;

$N_{SLE-rara\_max}$  = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. SLE rara;

$T_{SLE\_max}$  = taglio massimo agente in testa al palo (massimo valore tra le comb. allo SLE).



   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>13 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	13 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	13 di 38								

con:

$N_{GEO\_max}^*$  = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. statica A2+M1+R2 (GEO);

$N_{SLV\_max}^*$  = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. sismica EQK+M1+R3 (GEO);

$N_{GEO\_max\_traz}$  = sforzo assiale max a trazione agente alla testa del palo per la comb. statica A2+M1+R2 (GEO);

$N_{SLV\_max\_traz}$  = sforzo assiale max a trazione agente alla testa del palo per la comb. sismica EQK+M1+R3 (GEO);

$Q_{limite\_compr.}$  = carico limite del palo singolo a compressione allo SLU;

$Q_{limite\_traz.}$  = carico limite del palo singolo a trazione allo SLU;

FS = coefficiente di sicurezza ( $\geq 1$ ).

o o o o o

In aggiunta alle verifiche sulla portanza dei pali allo SLU, si verifica che il rapporto tra la resistenza laterale caratteristica di calcolo ed il carico agente massimo per la combinazione SLE-rara sia maggiore di 1.25. Si rimanda alle schede di verifica presenti in Appendice per il dettaglio del calcolo.

	$L_{pali}$ (m)	$N_{SLE-rara\_max}^*$ (kN)	$R_{s\_laterale}$ (kN)	$FS_{lat}$ (-)
SPALLA S1	42.0	5014	10262	2.05
PILA 1	38.0	6743	8432	1.25
PILA 2	38.0	6731	8544	1.27
PILA 3	44.0	5640	10006	1.77
SPALLA S2	42.0	4944	10349	2.09

con:

$N_{SLE-rara\_max}^*$  = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. SLE rara;

$R_{s\_laterale}$  = resistenza laterale caratteristica del palo singolo;

$FS_{lat}$  = coefficiente di sicurezza ( $\geq 1.25$ ).

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>14 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	14 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	14 di 38								

## 7.2 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

Il calcolo dei cedimenti del palo singolo e della palificata soggetta alle azioni caratteristiche massime (SLE) è condotto in accordo ai criteri indicati nell'elaborato IF1N0.1.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001 (Doc. Rif. [17] e sulla base delle prescrizioni della normativa vigente (Doc. Rif. [1] [2] [3] [7]).

Si valutano i cedimenti relativi alla fase di fine costruzione (coincidente con la combinazione allo SLE-qp), alla fase di esercizio dell'opera (coincidente con la combinazione allo SLE-rara) ed i rispettivi valori del cedimento netto tra le due fasi. Ai valori degli sforzi normali di compressione agenti in testa ai pali allo SLE, si aggiunge il peso proprio del palo, epurato del peso del volume di terreno asportato.

Come indicato al capitolo 4 del Doc. Rif. [17], il valore utilizzato del modulo elastico del terreno nel calcolo dei cedimenti si stima attraverso una media pesata dei valori del modulo di terreno nei vari strati che interessano lo sviluppo del palo.

Nella tabella che segue di riasumono i risultati delle analisi; per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica riportate in Appendice.

	FASE DI COSTRUZIONE			FASE DI ESERCIZIO			$\Delta\delta_{\text{palo}}$ $\Delta\delta_{\text{palificata}}$ (mm)   (mm)	
	$N_{\text{SLE-qp\_max}^*}$ (kN)	$\delta_{\text{palo\_1}}$ (mm)	$\delta_{\text{palif\_1}}$ (mm)	$N_{\text{SLE-rara\_max}^*}$ (kN)	$\delta_{\text{palo\_2}}$ (mm)	$\delta_{\text{palif\_2}}$ (mm)		
SPALLA S1	3935	2	10	4374	2	11	0.1	1
PILA 1	4117	2	14	6286	3	21	1	7
PILA 2	4117	2	14	6286	3	21	1	7
PILA 3	3375	2	12	5117	3	17	1	5
SPALLA S2	3935	3	19	4374	3	21	0.3	2

con:

$\delta_{\text{palo}}$  = cedimento verticale del palo singolo;

$\delta_{\text{palif}}$  = cedimento verticale della palificata;

$\Delta\delta_{\text{palo}}$  =  $\delta_{\text{palo\_1}}$  -  $\delta_{\text{palo\_2}}$  = cedimento netto del palo singolo;

$\Delta\delta_{\text{palificata}}$  =  $\delta_{\text{palif\_1}}$  -  $\delta_{\text{palif\_2}}$  = cedimento netto della palificata;

$N_{\text{SLE-qp\_max}^*}$  = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. statica SLE quasi perm.;

$N_{\text{SLE-rara\_max}^*}$  = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. SLE rara.

oooo

Inoltre, sulla base di quanto prescritto nel §1.8.3.2.3 del Doc. Rif. [4], si riportano i valori dei cedimenti differenziali tra fondazioni adiacenti, calcolati considerando agenti tutte le azioni permanenti allo SLE.

   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>15 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	15 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	15 di 38								

	$N_{SLE-q_{p\_max}^*}$ (kN)	$\delta_{palificata}$ (mm)	$\Delta\delta_{diff}$ (mm)	$\Delta\delta_{diff\_limite}$ (mm)
SPALLA S1	3935	1	-	-
PILA 1	4117	7	6	34
PILA 2	4117	7	0	34
PILA 3	3375	5	-1	34
SPALLA S2	3935	2	-3	34

con:

$\delta_{palificata}$  = cedimento verticale della palificata per carico  $N_{SLE-q_{p\_max}^*}$ ;

$\Delta\delta_{diff}$  = cedimento differenziale fra fondazioni adiacenti;

$\Delta\delta_{diff\_limite} = L_{campata}/1000$ .

   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0803 003	REV. B

## 7.3 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO

Il carico limite orizzontale del palo viene eseguito secondo la metodologia di Broms (vedi Doc. Rif. [17]), adottando come forza orizzontale di progetto, quella massima proveniente dalle combinazioni allo SLU/SLV.

Si riassumono le armature longitudinali necessarie a valutare il momento di plasticizzazione della sezione del palo, utilizzato per determinare il carico limite orizzontale del palo.

	1° strato long.			2° strato long.		$\rho_{long}$ (%)	$\rho_{min}$ (%)
	$\Phi$ palo (mm)	n° barre	$\Phi$ barre (mm)	n° barre	$\Phi$ barre (mm)		
SPALLA S1	1500	32	30	32	30	2.56%	1.00%
PILA 1	1500	28	26	28	26	1.68%	1.00%
PILA 2	1500	28	26	28	26	1.68%	1.00%
PILA 3	1500	24	26	24	26	1.44%	1.00%
SPALLA S2	1500	32	30	32	30	2.56%	1.00%

Le armature rispettano le quantità minime indicate dalla normativa.

\*\*\*\*\*

Come si evince dai successivi calcoli, il carico limite orizzontale del palo risulta sempre superiore al massimo carico orizzontale agente nella condizione maggiormente gravosa tra SLU/SLV. Le verifiche risultano dunque soddisfatte.

$$H_d = H_k/\gamma_T \geq T_{SLU/SLV\_max}$$

Per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica riportate in Appendice.

		$H_d = H_k/\gamma_T$ (kN)	$T_{SLU/SLV\_max}$ (kN)	FS (-)
SPALLA S1	Tensioni efficaci	2524	2475	1.02
PILA 1	Tensioni efficaci	1476	1316	1.12
PILA 2	Tensioni efficaci	1371	1316	1.04
PILA 3	Tensioni efficaci	1371	1272	1.08
SPALLA S2	Tensioni efficaci	2524	2475	1.02

con:

$H_d = H_k/\gamma_T$  = carico limite orizzontale di progetto del singolo palo;

$T_{SLU/SLV\_max}$  = massimo carico orizzontale agente sul singolo palo allo SLU/SLV;

   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>17 di 38</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	17 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	17 di 38								

FS = coefficiente di sicurezza ( $\geq 1.00$ ).

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0803 003</td> <td>B</td> <td>18 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	18 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	18 di 38								

## 7.4 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

La sollecitazione flessionale agenti lungo il palo di fondazione viene determinata nell'ipotesi di comportamento elastico lineare del palo e del terreno di fondazione.

La costante di reazione orizzontale del terreno viene determinata con la relazione proposta da Vesic:

$$k_s = E_s/D$$

con:

$k_s$  = costante di reazione del terreno;

$E_s$  = modulo elastico del terreno di fondazione.

Nella tabella che segue si riassumono i valori di  $E_s$  e  $k_h$  utilizzati nel calcolo e le relative sollecitazioni di taglio e momento massimi. Per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica riportate in Appendice.

	$\Phi$ palo (mm)	$E_s$ (Mpa)	$k_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	$T_{SLU/SLV\_max}$ (kN)	$\lambda$ (cm)	$M_{SLU/SLV\_max}$ (kNm)
SPALLA S1	1500	42500	28333	2475	521	6445
PILA 1	1500	15000	10000	1316	676	4447
PILA 2	1500	15000	10000	1316	676	4447
PILA 3	1500	15000	10000	1272	676	4299
SPALLA S2	1500	42500	28333	2475	521	6445

con:

$\Phi_{palo}$  = diametro del palo;

$E_s$  = modulo elastico del terreno;

$k_h$  = coefficiente di reazione orizzontale;

$T_{SLU/SLV\_max}$  = massimo carico orizzontale agente sul singolo palo allo SLU/SLV;

$\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$  = lunghezza elastica del palo;

$M_{SLU/SLV\_max}$  = massimo momento flettente agente sul singolo palo allo SLU/SLV.



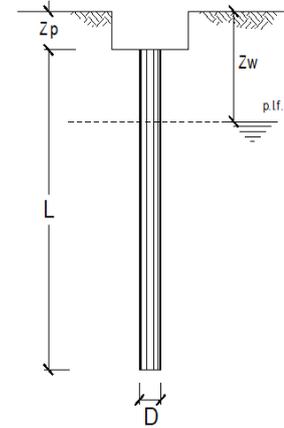
## Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	20 di 38

## CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

OPERA: VI08 - PILA 01

Diametro del Palo (D):	1.50 (m)	Area del Palo (Ap):	1.767 (m <sup>2</sup> )
Quota testa Palo dal p.c. (Z <sub>p</sub> ):	6.10 (m)	Quota falda dal p.c. (Z <sub>w</sub> ):	-0.9 (m)
Peso di volume da p.c. a testa palo	16.00 (kN/m <sup>3</sup> )	N <sub>SLE</sub> [Combinazione di carico - Statica SLE]	6286 (kN)
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]	(kN)		
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	7493 (kN)		
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	9969 (kN)		
Numero di strati	4	L <sub>palo</sub> =	38.00 (m)



Fattori di correlazione x per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	>= 10
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.65	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

n°2 verticali

## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno				N <sub>SPT</sub>	Coefficienti di Calcolo				Risultati					
			γ (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	φ' (°)	c <sub>u</sub> (kPa)		k (-)	μ (-)	a (-)	α (-)	τ <sub>lim</sub> (kPa)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)
1	10.0	TGC(S)	16.00	0.0	33.0		0.46	0.65				925					
2	17.0	MDLc+b	18.00			120.0	0.00	0.00		0.40		100.0	3845.31				
3	8.0	Qsa	19.50			150.0	0.00	0.00		0.40		100.0	2261.94				
4	3.0	ARC	23.00	50.0	40.0		0.36	0.84					1399.61	28.84	33.18	11688.8	20655.7

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

q<sub>b,lim</sub> 7000 (kPa)

## CAPACITA' PORTANTE MEDIA

## CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

alla base	R <sub>bm</sub> =	20655.7 (kN)	Q <sub>d</sub> = Q <sub>bm</sub> /(ξ <sub>3</sub> ·γ·b) + Q <sub>lim</sub> /(ξ <sub>3</sub> ·γ·s)	Peso palo depurato	457 (kN)
laterale	R <sub>sm</sub> =	8432.3 (kN)	Q <sub>d</sub> =		29088 (kN)
totale	R <sub>cm</sub> =	29088.0 (kN)			

	E <sub>d</sub> (kN)	R <sub>d</sub> (kN)	F <sub>s</sub> (-)	
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2	7950	10888	1.37	ok
SLV - EQK+M1+R3_sisma	10426	13717	1.32	ok

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1$$

	N <sub>SLE/SLD</sub> (kN)	R <sub>c,cal,lat</sub> (kN)	F <sub>s</sub> (-)	
SLE	6743	8432	1.25	ok

$$R_{c,cal,lat} / 1.25 > N_{SLE/SLD}$$

## VERIFICA A TRAZIONE DEL PALO

N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]	(kN)
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	(kN)
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	-3499 (kN)

	E <sub>d</sub> (kN)	R <sub>d</sub> (kN)	F <sub>s</sub> (-)	
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2				
SLV - EQK+M1+R3_sisma	-3499	-4088	1.17	ok

## Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	21 di 38

## CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

OPERA: VI08 - PILA 02

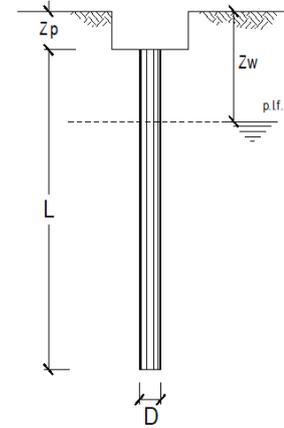
Diametro del Palo (D):	1.50 (m)	Area del Palo (Ap):	1.767 (m <sup>2</sup> )
Quota testa Palo dal p.c. (Z <sub>p</sub> ):	6.70 (m)	Quota falda dal p.c. (Z <sub>w</sub> ):	0.0 (m)
Peso di volume da p.c. a testa palo	16.00 (kN/m <sup>3</sup> )	N <sub>SLE</sub> [Combinazione di carico - Statica SLE]	6286 (kN)
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]	(kN)		
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	7493 (kN)		
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	9969 (kN)		

Numero di strati 5 L<sub>palo</sub> = 38.00 (m)

Fattori di correlazione x per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	>= 10
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.65	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

n°2 verticali



## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno				N <sub>SPT</sub>	Coefficienti di Calcolo				Risultati					
			γ (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	φ' (°)	c <sub>u</sub> (kPa)		k (-)	μ (-)	a (-)	α (-)	τ <sub>lim</sub> (kPa)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)
1	7.0	at-s	17.00	0.0	26.0		0.56	0.49				582					
2	3.0	TGC(S)	16.00	0.0	33.0		0.46	0.65				409.95					
3	17.0	MDLc+b	18.00			120.0	0.00	0.00		0.40		100.0	3845.31				
4	8.0	Qsa	19.50			150.0	0.00	0.00		0.40		100.0	2261.94				
5	3.0	ARC	23.00	50.0	40.0		0.36	0.84					1444.74	28.84	33.18	11993.9	21195.0

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

q<sub>b,lim</sub> 7000 (kPa)

## CAPACITA' PORTANTE MEDIA

## CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

alla base	R <sub>bm</sub> =	21195.0 (kN)	Q <sub>d</sub> = Q <sub>bm</sub> /(ξ <sub>3</sub> ·γ·b) + Q <sub>lim</sub> /(ξ <sub>3</sub> ·γ·s)	Peso palo depurato	445 (kN)
laterale	R <sub>sm</sub> =	8544.3 (kN)	Q <sub>d</sub> =	29739 (kN)	
totale	R <sub>cm</sub> =	29739.3 (kN)			

	E <sub>d</sub> (kN)	R <sub>d</sub> (kN)	F <sub>s</sub> (-)
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2	7938	11127	1.40

ok  $\frac{R_d}{E_d} \geq 1$ 

	N <sub>SLE/SLD</sub> (kN)	R <sub>c,cal,lat</sub> (kN)	F <sub>s</sub> (-)
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2	10414	14018	1.35

ok  $R_{c,cal,lat} / 1.25 > N_{SLE/SLD}$ 

## VERIFICA A TRAZIONE DEL PALO

N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]	(kN)
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	(kN)
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	-3499 (kN)

	E <sub>d</sub> (kN)	R <sub>d</sub> (kN)	F <sub>s</sub> (-)
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2			
SLV - EQK+M1+R3_sisma	-3499	-4143	1.18

ok



## Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0803 003	B	23 di 38

## CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

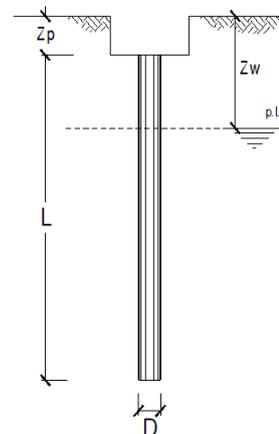
OPERA: VI08 - SPALLA S2

Diametro del Palo (D):	1.50 (m)	Area del Palo (Ap):	1.767 (m <sup>2</sup> )
Quota testa Palo dal p.c. (z <sub>p</sub> ):	3.00 (m)	Quota falda dal p.c. (z <sub>w</sub> ):	5.0 (m)
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]	(kN)	N <sub>SLE</sub> [Combinazione di carico - Statica SLE]	4374 (kN)
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	4733 (kN)		
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	6352 (kN)		
Numero di strati	3	L <sub>palo</sub> =	42.00 (m)

Fattori di correlazione x per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	>= 10
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
$\xi_4$	1.70	1.65	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

n°1 verticale



## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno				N <sub>SPT</sub>	Coefficienti di Calcolo				Risultati				
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	c <sub>u</sub> (kPa)		k (-)	$\mu$ (-)	a (-)	$\alpha$ (-)	$\tau_{lim}$ (kPa)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)
1	19.0	TGC(S)	16.00	0.0	33.0		0.46	0.65			100.0	3277				
2	17.0	MDLc+b	18.00			150.0	0.00	0.00		0.40	100.0	4806.63				
3	6.01	Qsa	19.50			200.0	0.00	0.00		0.40	100.0	2265.71	0.00	9.00	2575.0	4550.5

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

Q<sub>b,lim</sub> 4000 (kPa)

## CAPACITA' PORTANTE MEDIA

## CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

alla base R<sub>bm</sub> = 4550.5 (kN)Q<sub>d</sub> = Q<sub>bm</sub> / (ξ<sub>3</sub> · γ<sub>b</sub>) + Q<sub>lim</sub> / (ξ<sub>3</sub> · γ<sub>s</sub>)

Peso palo depurato 571 (kN)

laterale R<sub>sm</sub> = 10349.2 (kN)Q<sub>d</sub> = 14900 (kN)totale R<sub>cm</sub> = 14899.7 (kN)

	E <sub>d</sub> (kN)	R <sub>d</sub> (kN)	F <sub>s</sub> (-)	
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2	5304	5773	1.09	ok $\frac{R_d}{E_d} \geq 1$
SLV - EQK+M1+R3_sisma	6923	7276	1.05	ok

	N <sub>SLE/SLD</sub> (kN)	R <sub>c,cal,lat</sub> (kN)	F <sub>s</sub> (-)	
SLE	4944	10349	2.09	ok $R_{c,cal,lat} / 1.25 > N_{SLE/SLD}$

## VERIFICA A TRAZIONE DEL PALO

N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]	(kN)
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	(kN)
N <sub>d</sub> [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	(kN)

	E <sub>d</sub> (kN)	R <sub>d</sub> (kN)	F <sub>s</sub> (-)
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2			
SLV - EQK+M1+R3_sisma			

## 8.2 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

### CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

**OPERA:** VI08 - SPALLA S1

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D):

Carico sul palo (P):

Lunghezza del Palo (L):

Lunghezza Utile del Palo (Lu):

Peso del Palo (P<sub>palo</sub>):

Carico base palo (P<sub>base</sub>):

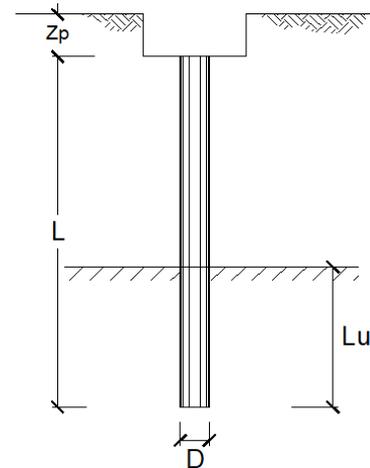
Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

Fine costr.	SLE-QP
1.50 (m)	1.50 (m)
3935 (kN)	3935 (kN)
42.0 (m)	42.0 (m)
42.0 (m)	42.0 (m)
640 (kN)	640 (kN)
4575 (kN)	4575 (kN)
140.0 (MPa)	140.0 (MPa)
12 (-)	12 (-)
4.5 (m)	4.5 (m)

Esercizio	SLE-RAR
1.50 (m)	1.50 (m)
4374 (kN)	4374 (kN)
42.0 (m)	42.0 (m)
42.0 (m)	42.0 (m)
640 (kN)	640 (kN)
5014 (kN)	5014 (kN)
140.0 (MPa)	140.0 (MPa)
12 (-)	12 (-)
4.5 (m)	4.5 (m)



**CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:**

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

SLE-QP
1.95 (-)
2 (mm)

SLE-RAR
1.95 (-)
2 (mm)

$$\Delta\delta = 0.1 \text{ (mm)}$$

**CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:**

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$$

$$R = (n * s / L)^{0,5}$$

$$R =$$

SLE-QP
1.134
10 (mm)

SLE-RAR
1.134
11 (mm)

$$\Delta\delta_p = 1 \text{ (mm)}$$

**CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA****OPERA:** VI08 - PILA 01**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D):

Carico sul palo (P):

Lunghezza del Palo (L):

Lunghezza Utile del Palo (Lu):

Peso del Palo (P<sub>palo</sub>):Carico base palo (P<sub>base</sub>):

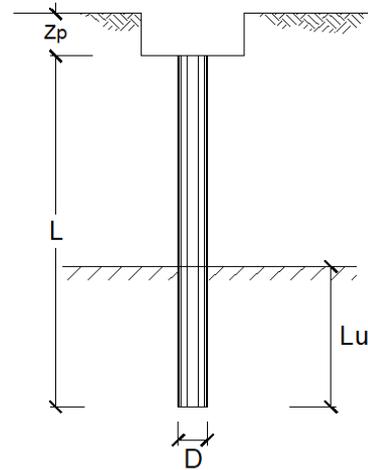
Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

Fine costr.	SLE-QP
1.50 (m)	
4117 (kN)	
38.0 (m)	
38.0 (m)	
457 (kN)	
4574 (kN)	
100.0 (MPa)	
12 (-)	
4.5 (m)	

Esercizio	SLE-RAR
1.50 (m)	
6286 (kN)	
38.0 (m)	
38.0 (m)	
457 (kN)	
6743 (kN)	
100.0 (MPa)	
12 (-)	
4.5 (m)	

**CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:**

$$\delta = \beta * P / E * \text{Lutile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(\text{Lutile} / D):$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * \text{Lutile}$$

SLE-QP
1.90 (-)
2 (mm)

SLE-RAR
1.90 (-)
3 (mm)

$$\Delta\delta = 1 \text{ (mm)}$$

**CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:**

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$$

$$R = (n * s / L)^{0,5}$$

R =

SLE-QP
1.192
14 (mm)

SLE-RAR
1.192
21 (mm)

$$\Delta\delta_p = 7 \text{ (mm)}$$

**CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA****OPERA:** VI08 - PILA 02**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D):

Carico sul palo (P):

Lunghezza del Palo (L):

Lunghezza Utile del Palo (Lu):

Peso del Palo (P<sub>palo</sub>):Carico base palo (P<sub>base</sub>):

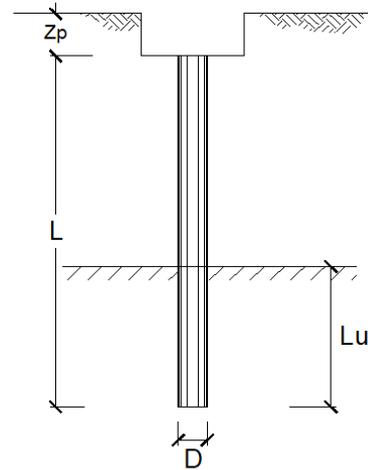
Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

Fine costr.	SLE-QP	
1.50	(m)	
4117	(kN)	
38.0	(m)	
38.0	(m)	
445	(kN)	
4562	(kN)	
100.0	(MPa)	
12	(-)	
4.5	(m)	

Esercizio	SLE-RAR	
1.50	(m)	
6286	(kN)	
38.0	(m)	
38.0	(m)	
445	(kN)	
6731	(kN)	
100.0	(MPa)	
12	(-)	
4.5	(m)	

**CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:**

$$\delta = \beta * P / E * \text{Lutile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(\text{Lutile} / D):$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * \text{Lutile}$$

SLE-QP	
1.90	(-)
2	(mm)

SLE-RAR	
1.90	(-)
3	(mm)

$$\Delta\delta = 1 \text{ (mm)}$$

**CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:**

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$$

$$R = (n * s / L)^{0,5}$$

$$R =$$

SLE-QP	
1.192	
14	(mm)

SLE-RAR	
1.192	
21	(mm)

$$\Delta\delta_p = 7 \text{ (mm)}$$

**CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA****OPERA:** VI08 - PILA 03**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D):

Carico sul palo (P):

Lunghezza del Palo (L):

Lunghezza Utile del Palo (Lu):

Peso del Palo (P<sub>palo</sub>):Carico base palo (P<sub>base</sub>):

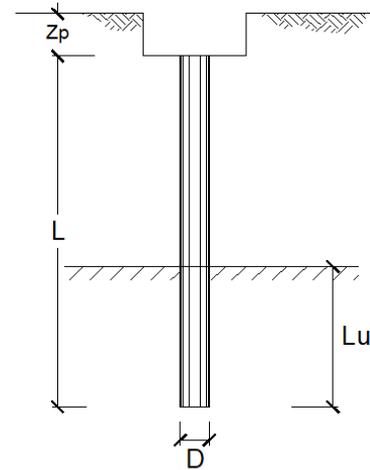
Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

Fine costr.	SLE-QP
1.50 (m)	
3375 (kN)	
44.0 (m)	
44.0 (m)	
523 (kN)	
3898 (kN)	
100.0 (MPa)	
12 (-)	
4.5 (m)	

Esercizio	SLE-RAR
1.50 (m)	
5117 (kN)	
44.0 (m)	
44.0 (m)	
523 (kN)	
5640 (kN)	
100.0 (MPa)	
12 (-)	
4.5 (m)	

**CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:**

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

SLE-QP
1.97 (-)
2 (mm)

SLE-RAR
1.97 (-)
3 (mm)

$$\Delta\delta = 1 \text{ (mm)}$$

**CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:**

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$$

$$R = (n * s / L)^{0,5}$$

$$R =$$

SLE-QP
1.108
12 (mm)

SLE-RAR
1.108
17 (mm)

$$\Delta\delta_p = 5 \text{ (mm)}$$

**CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA****OPERA:** VI08 - SPALLA S2**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D):

Carico sul palo (P):

Lunghezza del Palo (L):

Lunghezza Utile del Palo (Lu):

Peso del Palo (P<sub>palo</sub>):Carico base palo (P<sub>base</sub>):

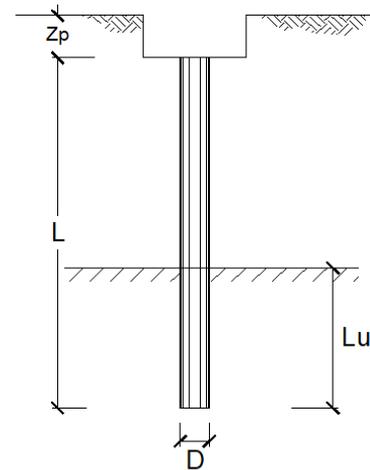
Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

Fine costr.	SLE-QP	
✓	1.50	(m)
✓	3935	(kN)
✓	42.0	(m)
✓	42.0	(m)
✓	571	(kN)
✓	4505	(kN)
✓	70.0	(MPa)
✓	12	(-)
✓	4.5	(m)

Esercizio	SLE-RAR	
✓	1.50	(m)
✓	4374	(kN)
✓	42.0	(m)
✓	42.0	(m)
✓	571	(kN)
✓	4944	(kN)
✓	70.0	(MPa)
✓	12	(-)
✓	4.5	(m)

**CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:**

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot \text{Lutile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(\text{Lutile} / D):$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot \text{Lutile}$$

SLE-QP	
1.95	(-)
3	(mm)

SLE-RAR	
1.95	(-)
3	(mm)

$$\Delta\delta = 0.3 \text{ (mm)}$$

**CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:**

$$\delta_p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$$

$$R = (n \cdot s / L)^{0,5}$$

$$R =$$

SLE-QP	
1.134	
19	(mm)

SLE-RAR	
1.134	
21	(mm)

$$\Delta\delta_p = 2 \text{ (mm)}$$

## 8.3 CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO

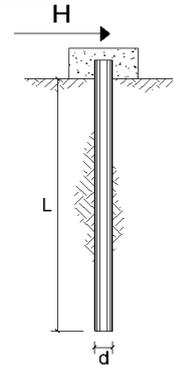
### CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

OPERA: VI08 - SPALLA S1

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_\phi$	$\gamma_r$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	⊕	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.25	1.00



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

*Palo corto:* 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

*Palo intermedio:* 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

*Palo lungo:* 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

## DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	42.00 (m)		
Diametro del palo	d =	1.50 (m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	8810.1 (kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\phi'_{med} =$	35.00 (°)	$\phi'_{min} =$	35.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\phi'_{med,d} =$	35.00 (°)	$\phi'_{min,d} =$	35.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin \phi') / (1 - \sin \phi')$ )	$k_{p,med} =$	3.69 (-)	$k_{p,min} =$	3.69 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma =$	13.00 (kN/m <sup>3</sup> )		

Carico trasversale (A1)	$F_{d,A1} =$	(kN)
SLU/SLV Carico trasversale (A2)	$F_{d,A2} =$	(kN)
Carico trasversale (Sisma)	$F_{d,SIS} =$	2475 (kN)
SLE Carico trasversale	$F_{d,sle} =$	(kN)
Def. Prog. Carico trasversale	$F_{d,def} =$	(kN)

*Palo corto:*

$$H1_{med} = 251330.40 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 251330.40 \text{ (kN)}$$

*Palo intermedio:*

$$H2_{med} = 83986.56 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 83986.56 \text{ (kN)}$$

*Palo lungo:*

$$H3_{med} = 5578.32 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 5578.32 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 5578.32 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 5578.32 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 3281 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_r = 2524 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_{d,d} = 1.02$$

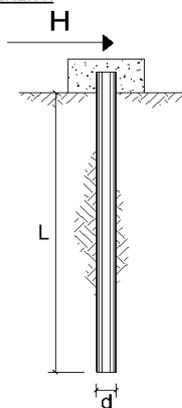
**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI  
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: VI08 - PILA 01

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\phi$	$\gamma_r$
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.25	1.00



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

*Palo corto:* 
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

*Palo intermedio:* 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

*Palo lungo:* 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	38.00 (m)		
Diametro del palo	d =	1.50 (m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	5368.7 (kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\phi'_{med} =$	33.00 (°)	$\phi'_{min} =$	33.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\phi'_{med,d} =$	33.00 (°)	$\phi'_{min,d} =$	33.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin \phi') / (1 - \sin \phi')$ )	$k_{p,med} =$	3.39 (-)	$k_{p,min} =$	3.39 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma =$	16.00 (kN/m <sup>3</sup> )		

	Carico trasversale (A1)	$F_{d,A1} =$	(kN)
SLU/SLV	Carico trasversale (A2)	$F_{d,A2} =$	(kN)
	Carico trasversale (Sisma)	$F_{d,SIS} =$	1316 (kN)
SLE	Carico trasversale	$F_{d,sle} =$	(kN)
Def. Prog.	Carico trasversale	$F_{d,def} =$	(kN)

*Palo corto:*

$$H1_{med} = 176335.97 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 176335.97 \text{ (kN)}$$

*Palo intermedio:*

$$H2_{med} = 58919.94 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 58919.94 \text{ (kN)}$$

*Palo lungo:*

$$H3_{med} = 3165.13 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 3165.13 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 3165.13 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 3165.13 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1918 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_r = 1476 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.12$$

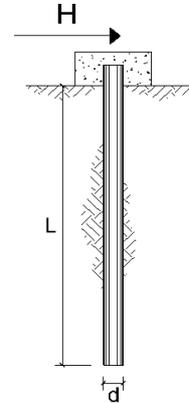
**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI  
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: VI08 - PILA 02

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\phi$	$\gamma_r$
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.25	1.00



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

*Palo corto:* 
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

*Palo intermedio:* 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

*Palo lungo:* 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	38.00 (m)		
Diametro del palo	d =	1.50 (m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	5368.7 (kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\phi'_{med} =$	26.00 (°)	$\phi'_{min} =$	26.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\phi'_{med,d} =$	26.00 (°)	$\phi'_{min,d} =$	26.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin\phi')/(1 - \sin\phi')$ )	$k_{p,med} =$	2.56 (-)	$k_{p,min} =$	2.56 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma =$	17.00 (kN/m <sup>3</sup> )		

Carico trasversale (A1)	Fd_A1 =	(kN)
SLU/SLV Carico trasversale (A2)	Fd_A2 =	(kN)
Carico trasversale (Sisma)	Fd_SIS =	1316 (kN)
SLE Carico trasversale	Fd_sle =	(kN)
Def. Prog. Carico trasversale	Fd_def =	(kN)

*Palo corto:*

$$H1_{med} = 141455.61 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 141455.61 \text{ (kN)}$$

*Palo intermedio:*

$$H2_{med} = 47293.15 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 47293.15 \text{ (kN)}$$

*Palo lungo:*

$$H3_{med} = 2940.93 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 2940.93 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 2940.93 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 2940.93 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3; R_{min}/\xi_4) = 1782 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_r = 1371 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.04$$

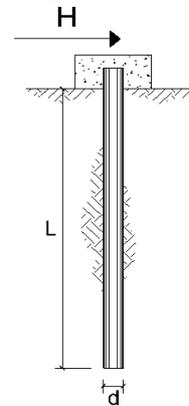
**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI  
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: VI08 - PILA 03

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\phi$	$\gamma_r$
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.25	1.00



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

*Palo corto:* 
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

*Palo intermedio:* 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

*Palo lungo:* 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left( 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	44.00 (m)		
Diametro del palo	d =	1.50 (m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	5368.7 (kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\phi'_{med} =$	26.00 (°)	$\phi'_{min} =$	26.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\phi'_{med,d} =$	26.00 (°)	$\phi'_{min,d} =$	26.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin \phi') / (1 - \sin \phi')$ )	$k_{p,med} =$	2.56 (-)	$k_{p,min} =$	2.56 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma =$	17.00 (kN/m <sup>3</sup> )		

	Carico trasversale (A1)	Fd_A1 =	(kN)
SLU/SLV	Carico trasversale (A2)	Fd_A2 =	(kN)
	Carico trasversale (Sisma)	Fd_SIS =	1272 (kN)
SLE	Carico trasversale	Fd_sle =	(kN)
Def. Prog.	Carico trasversale	Fd_def =	(kN)

*Palo corto:*

$$H1_{med} = 189652.40 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 189652.40 \text{ (kN)}$$

*Palo intermedio:*

$$H2_{med} = 63339.48 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 63339.48 \text{ (kN)}$$

*Palo lungo:*

$$H3_{med} = 2940.93 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 2940.93 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 2940.93 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 2940.93 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1782 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_r = 1371 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.08$$

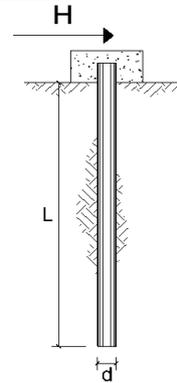
**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI  
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: VI08 - SPALLA S2

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali		A		M	R	
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	$\gamma_\phi$	$\gamma_\tau$	
		$\gamma_G$	$\gamma_Q$			
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.25	1.00



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

*Palo corto:* 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

*Palo intermedio:* 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

*Palo lungo:* 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left( 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	42.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.50	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	8810.1	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\phi'_{med} =$	35.00	(°)	$\phi'_{min} =$	35.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\phi'_{med,d} =$	35.00	(°)	$\phi'_{min,d} =$	35.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin\phi') / (1 - \sin\phi')$ )	$k_{p,med} =$	3.69	(-)	$k_{p,min} =$	3.69 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma =$	13.00	(kN/m <sup>3</sup> )		

Carico trasversale (A1)	$F_{d,A1} =$	(kN)
SLU/SLV Carico trasversale (A2)	$F_{d,A2} =$	(kN)
Carico trasversale (Sisma)	$F_{d,SIS} =$	2475 (kN)
SLE Carico trasversale	$F_{d,sle} =$	(kN)
Def. Prog. Carico trasversale	$F_{d,def} =$	(kN)

*Palo corto:*

$$H1_{med} = 251330.40 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 251330.40 \text{ (kN)}$$

*Palo intermedio:*

$$H2_{med} = 83986.56 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 83986.56 \text{ (kN)}$$

*Palo lungo:*

$$H3_{med} = 5578.32 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 5578.32 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 5578.32 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 5578.32 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 3281 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_\tau = 2524 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.02$$

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO</b> <b>I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E</b> <b>VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL</b> <b>COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni</b>	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0803 003	REV. B

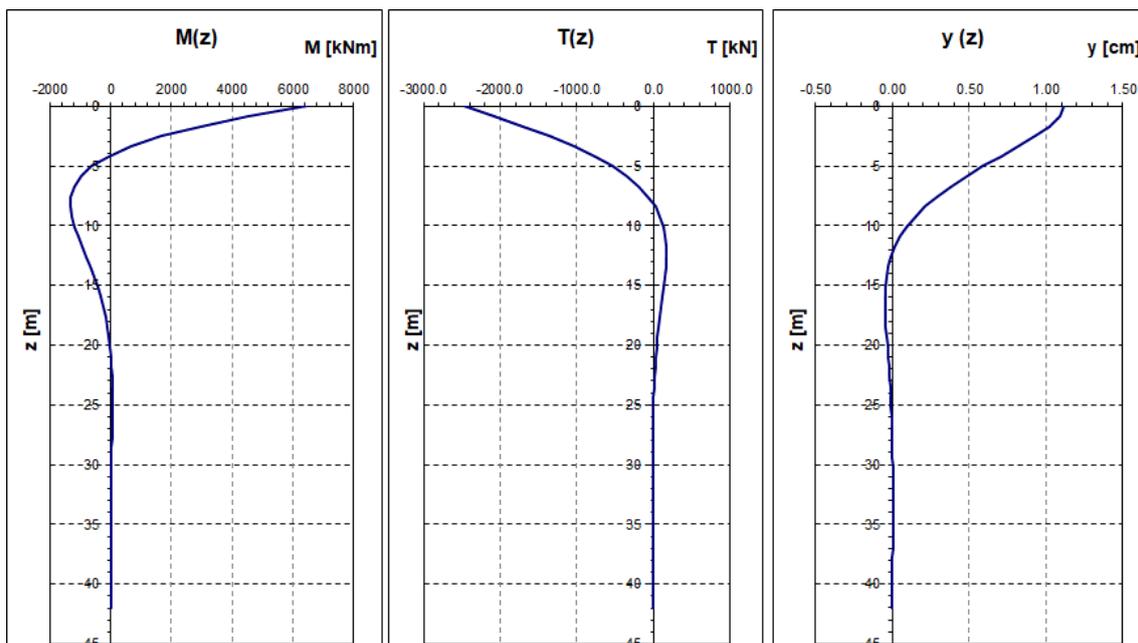
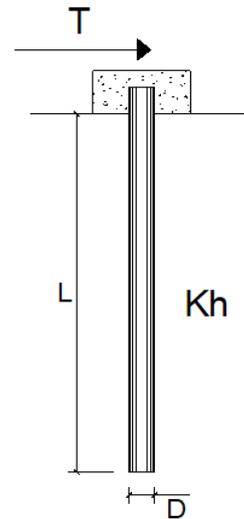
## 8.4 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

**OPERA:** VI08 - SPALLA S1

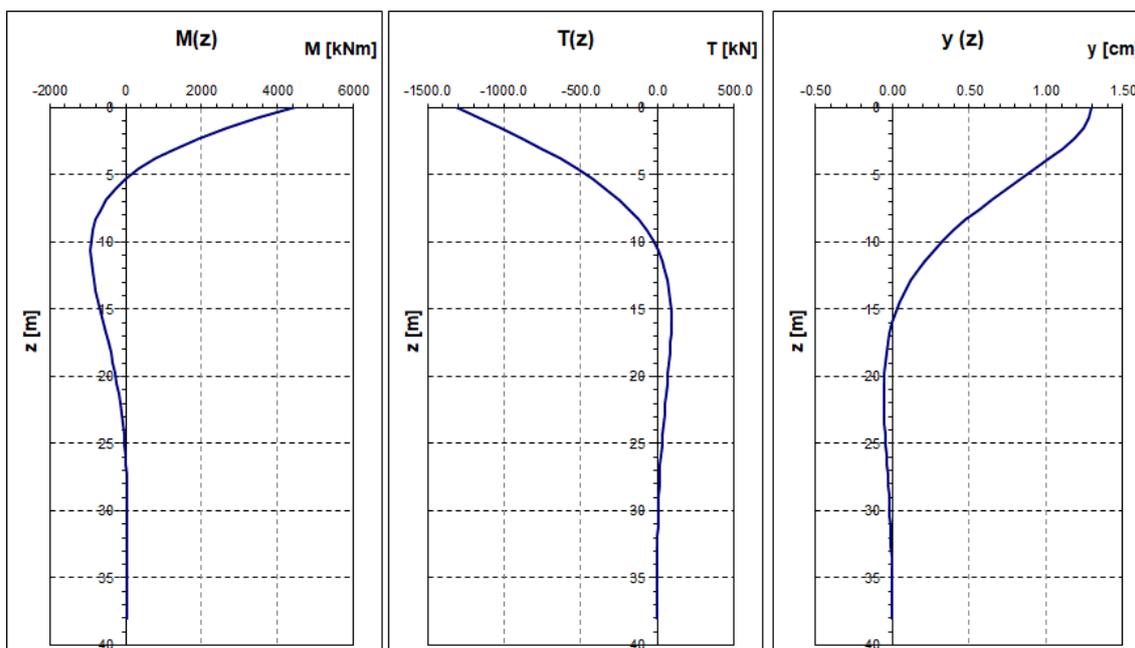
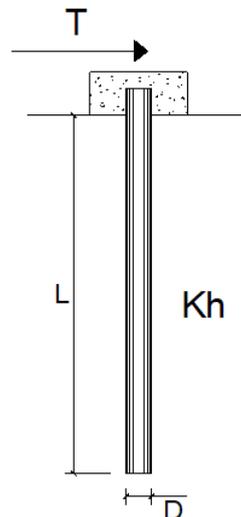
**DATI DI INPUT:**

Diametro del palo (D):	✓	1.50	(m)
Lunghezza del palo (L):	✓	42.00	(m)
Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):	✓	28.3	(N/cm <sup>3</sup> )
Forza orizzontale agente (T):	✓	2475	(kN)
fck del calcestruzzo:	✓	25.0	(MPa)
fcm del calcestruzzo:		33.0	(MPa)
Ecls ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):		31476	(MPa)
J ( $J = \pi \cdot D^4 / 64$ ):		24850489	(cm <sup>4</sup> )
$\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$ ):		520.89	(cm)
Momento flettente massimo ( $M_{p\_max}$ ):		6445	(kNm)



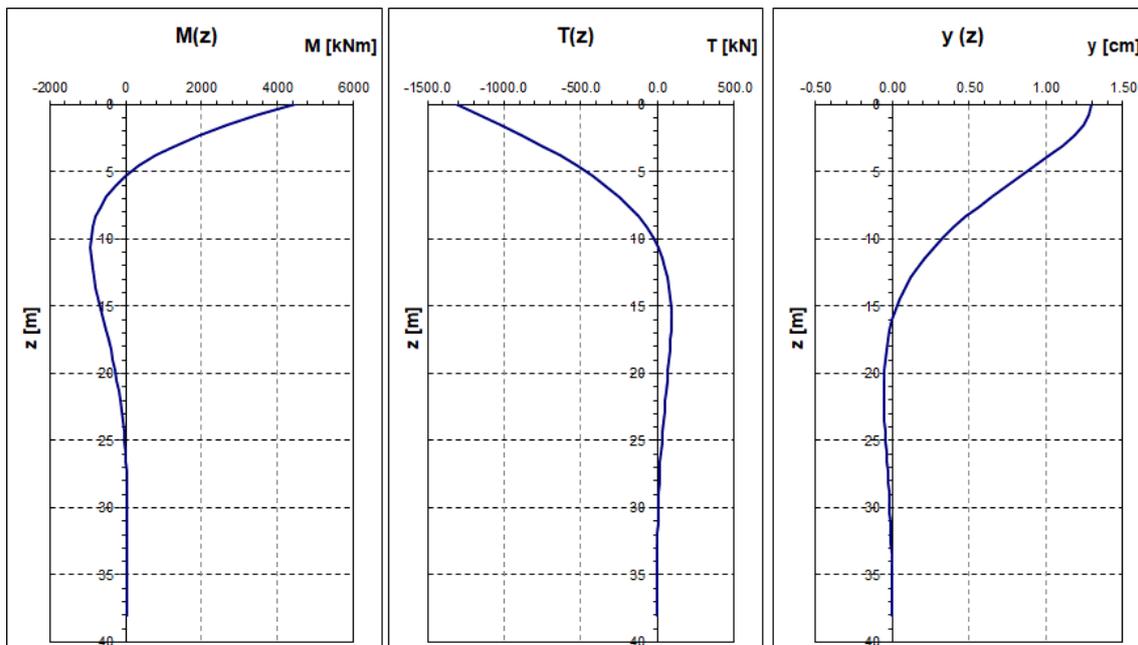
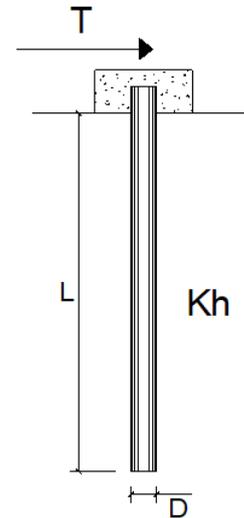
**PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI****OPERA:** VI08 - PILA 01**DATI DI INPUT:**

Diametro del palo (D):	✓	1.50	(m)
Lunghezza del palo (L)	✓	38.00	(m)
Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):	✓	10.0	(N/cm <sup>3</sup> )
Forza orizzontale agente (T):	✓	1316	(kN)
f <sub>ck</sub> del calcestruzzo:	✓	25.0	(MPa)
f <sub>cm</sub> del calcestruzzo:		33.0	(MPa)
Ecls ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):		31476	(MPa)
J ( $J = \pi \cdot D^4 / 64$ ):		24850489	(cm <sup>4</sup> )
$\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$ ):		675.80	(cm)
Momento flettente massimo ( $M_{p\_max}$ ):		4447	(kNm)



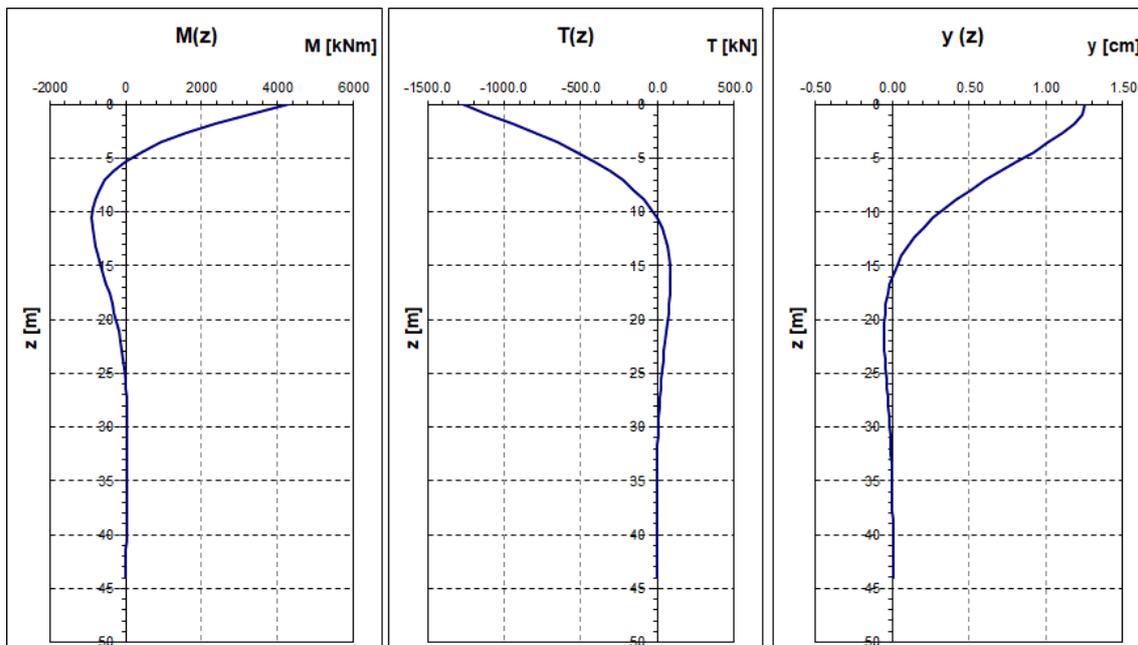
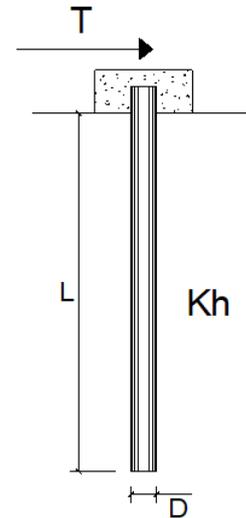
**PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI****OPERA:** VI08 - PILA 02**DATI DI INPUT:**

Diametro del palo (D):	✓	1.50	(m)
Lunghezza del palo (L)	✓	38.00	(m)
Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):	✓	10.0	(N/cm <sup>3</sup> )
Forza orizzontale agente (T):	✓	1316	(kN)
f <sub>ck</sub> del calcestruzzo:	✓	25.0	(MPa)
f <sub>cm</sub> del calcestruzzo:		33.0	(MPa)
E <sub>cls</sub> ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):		31476	(MPa)
J ( $J = \pi \cdot D^4 / 64$ ):		24850489	(cm <sup>4</sup> )
$\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$ ):		675.80	(cm)
Momento flettente massimo ( $M_{p\_max}$ ):		4447	(kNm)



**PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI****OPERA:** VI08 - PILA 03**DATI DI INPUT:**

Diametro del palo (D):	✓	1.50	(m)
Lunghezza del palo (L)	✓	44.00	(m)
Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):	✓	10.0	(N/cm <sup>3</sup> )
Forza orizzontale agente (T):	✓	1272	(kN)
f <sub>ck</sub> del calcestruzzo:	✓	25.0	(MPa)
f <sub>cm</sub> del calcestruzzo:		33.0	(MPa)
E <sub>cls</sub> ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):		31476	(MPa)
J ( $J = \pi \cdot D^4 / 64$ ):		24850489	(cm <sup>4</sup> )
$\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$ ):		675.80	(cm)
Momento flettente massimo ( $M_{p\_max}$ ):		4299	(kNm)



**PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI****OPERA:** VI08 - SPALLA S2**DATI DI INPUT:**

Diametro del palo (D):	✓	1.50	(m)
Lunghezza del palo (L)	✓	42.00	(m)
Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):	✓	28.3	(N/cm <sup>3</sup> )
Forza orizzontale agente (T):	✓	2475	(kN)
f <sub>ck</sub> del calcestruzzo:	✓	25.0	(MPa)
f <sub>cm</sub> del calcestruzzo:		33.0	(MPa)
E <sub>cls</sub> ( $E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ ):		31476	(MPa)
J ( $J = \pi \cdot D^4 / 64$ ):		24850489	(cm <sup>4</sup> )
$\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$ ):		520.89	(cm)
Momento flettente massimo ( $M_{p\_max}$ ):		6445	(kNm)

